

HUMAN MACHINE INTERFACE BERBASIS LABVIEW UNTUK OPERASI SISTEM VAKUM SIKLOTRON PROTON DECY-13 MEV

Fajar Sidik Permana, Saminto, Kurnia Wibowo dan Vika Arwida Fanita Sari

Pusat Sains Dan Teknologi Akselerator, BATAN

Jl. Babarsari Kotak Pos 6101 ykbb Yogyakarta 55281

email: fajar.sidik@batan.go.id

ABSTRAK

HUMAN MACHINE INTERFACE BERBASIS LABVIEW UNTUK OPERASI SISTEM VAKUM SIKLOTRON PROTON DECY-13 MEV. Pusat Sains dan Teknologi Akselerator (PSTA), BATAN sedang melakukan rancang bangun siklotron proton DECY-13 MeV. Sistem operasi pada siklotron sejauh ini masih dilakukan secara konvensional. Dalam penelitian ini, sebuah sistem Human Machine Interface untuk mempermudah operasi dan pemantauan tekanan di dalam vacuum chamber pada siklotron proton DECY-13 MeV telah berhasil dibangun. Sistem HMI dibangun dengan software LabVIEW dan terintegrasi dengan Programmable Logic Controller seri FX-2424 dan NI cRIO (NI-9025 dan NI-9870). Sistem HMI terdiri dari proses menghidupkan/mematikan pompa (rotary dan difusi), membuka/menutup valve secara otomatis, dan pengambilan data sensor dari vacuum chamber secara real time.

Kata kunci: siklotron, human machine interface, LabVIEW, vacuum chamber

ABSTRACT

HUMAN MACHINE INTERFACE BASED ON LABVIEW FOR VACUUM SYSTEM OPERATION OF CYCLOTRON PROTON DECY-13 MEV. Center of Accelerator Science and Technology (CAST), BATAN is designing DECY-13 MeV Proton Cyclotron. So far, this operation system has been conducted conventionally. In this research, an Human Machine Interface system has been successfully built for simplifying operation and monitoring pressure inside vacuum chamber of cyclotron DECY-13MeV. HMI system is built with LabVIEW software and integrated with Programmable Logic Controller FX-2424 series and NI cRIO (NI-9025 and NI-9870) module. HMI system consist of turning on/of pumps (rotary and diffusion), opening/ closing valve automatically, and retrieving of data from sensor in real time.

Keywords: cyclotron, human machine interface, LabVIEW, vacuum chamber

PENDAHULUAN

Salah satu kegiatan yang dilakukan di Pusat Sains dan Teknologi Akselerator (PSTA), BATAN adalah melakukan rancang bangun Siklotron Proton DECY-13 MeV untuk memproduksi radioisotop. Siklotron merupakan alat akselerator yang dapat mempercepat gerakan partikel (proton) secara melingkar di dalam *vacuum chamber*. Proton yang dipercepat akan menghasilkan energi semakin besar seiring bertambahnya radius. Proton yang telah mencapai tingkat energi yang diinginkan akan ditembakkan ke sistem target. Hasil dari tembakan proton ke sistem target akan menghasilkan radioisotop ^{18}F dengan waktu paro sekitar 110 menit. Radioisotop dapat digunakan sebagai citra untuk mendeteksi sel-sel kanker di dalam tubuh [1]. Selain sebagai produksi radioisotop, siklotron juga dapat digunakan untuk berbagai macam aplikasi antara lain untuk keperluan radiasi bahan, *Boron Neutron Cancer Therapy* (BNCT), sterilisasi dan aplikasi lainnya tergantung dari energi yang dihasilkan oleh siklotron [2-4].

Siklotron terdiri dari beberapa sistem antara lain adalah sistem vakum, sistem radio frekuensi (RF),

sistem magnet, sistem sumber ion, sistem instrumentasi kendali, sistem pendingin dan sistem pendukung lainnya [5-7]. Sistem vakum merupakan salah satu bagian utama dari siklotron. Dalam sistem vakum proton akan bergerak dipercepat secara melingkar karena pengaruh dari RF yang diberikan. Saat proton dimasukkan kedalam *vacuum chamber*, tingkat kevakumannya akan berubah, sehingga pergerakan proton menjadi tidak stabil. Untuk itu diperlukan pemantauan nilai kevakuman di dalam *vacuum chamber* selama operasi siklotron berlangsung [8].

Dalam penelitian telah dibangun sistem HMI untuk operasi sistem vakum dengan menggunakan *software* LabVIEW. Program yang dirancang berfungsi untuk mengaktifkan setiap *input* dan *output* pada *Programmable Logic Controller* (PLC). Sistem PLC akan melakukan pengendalian sistem vakum meliputi pompa, *valve*, aliran pendingin dan pemantauan tekanan dalam *vacuum chamber* sehingga tekanan didalamnya dapat terus diamati secara *real time* [9]. Tujuan akhir dari penelitian ini adalah untuk melakukan digitalisasi semua kegiatan pengoperasian sistem vakum dari awal sampai akhir. Dengan menggunakan PLC dan cRIO maka proses

interaksi antara satu sistem dengan sistem yang lain akan lebih mudah dibandingkan dengan menggunakan relay-relay yang disusun secara paralel di setiap sistem [10,11].

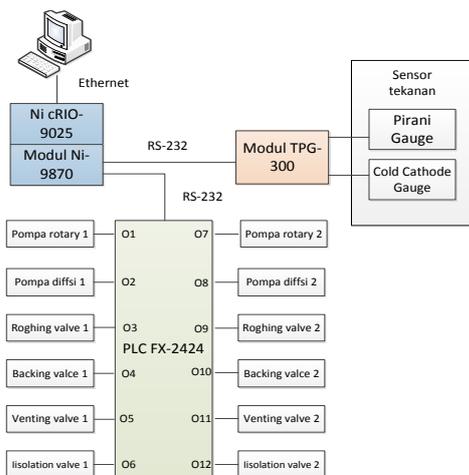
TATA KERJA

Perancangan HMI terdiri dari beberapa tahapan kegiatan yaitu perancangan desain tampilan dan *block diagram* pada *software* LabVIEW. Setelah itu melakukan perancangan sistem, pembuatan algoritma, perancangan program *ladder diagram*, melakukan komunikasi komputer dengan *hardware*, percobaan dan pengambilan data. Semua kegiatan operasi baik akuisisi, mengolah dan menampilkan data parameter vakum akan ditampilkan pada layar monitor [12–14].

Perancangan Sistem

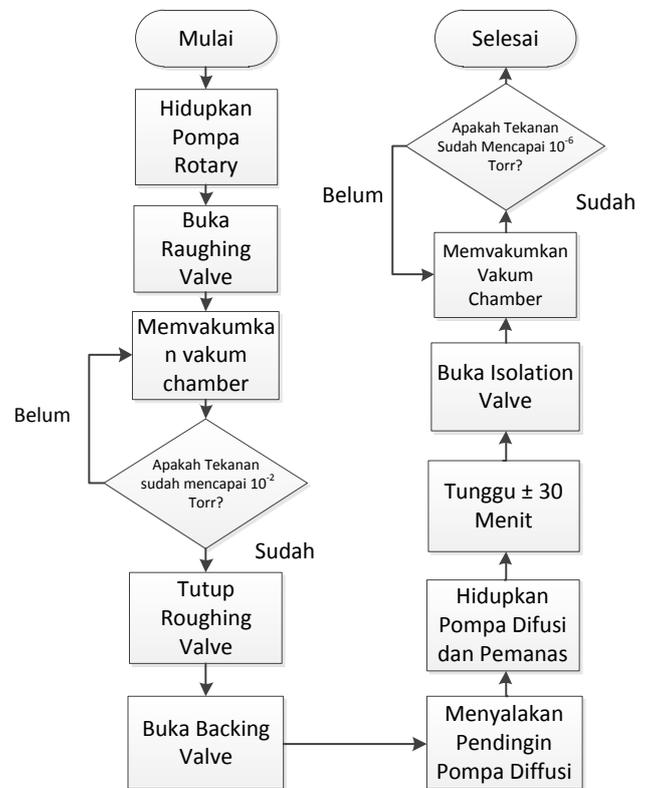
Proses menggabungkan sistem dari Komputer (HMI) dengan *hardware* (sistem kendali) ditunjukkan pada Gambar 1. Akuisisi data dan kendali akan dilakukan dengan Super PLC FX-2424 yang merupakan seri-F dari *Triangle Research* dan terhubung dengan modul cRIO. Penggunaan NI cRIO (NI-9870 dan NI-9025) pada sistem ini adalah untuk integrasi antar sistem kendali pada siklotron. Semua sistem kendali operasi nantinya akan terhubung kedalam satu komputer utama. [15–18].

Data yang dikirimkan dari komputer akan diproses oleh PLC, dengan terlebih dahulu memasukkan program *Ladder* ke dalam PLC. Inti dari program HMI ini adalah mengaktifkan PLC untuk memberikan *input* ke dalam *plant*. Jadi *output* PLC akan mengaktifkan langsung relay-relay yang terpasang dengan pompa dan *valve* [12]. Pembacaan sensor vakum dilakukan dengan menghubungkan kabel RS-232 dari komputer ke modul TPG-300. Modul TPG-300 digunakan untuk mengolah data analog menjadi data digital. Sensor tekanan yang digunakan yaitu *Pirani Gauge* dan *Cold Cathode Gauge* [18].

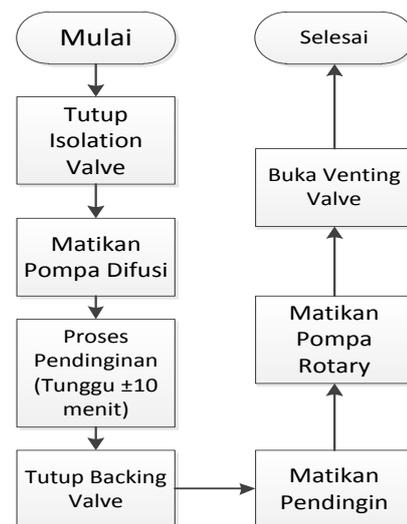


Gambar 1. Rancangan sistem kendali pada sistem vakum

Perancangan algoritma pemrograman digunakan untuk mengetahui proses operasi sistem vakum dari awal (menghidupkan) sampai akhir (mematikan) seperti yang ditunjukkan pada diagram alir Gambar 2 dan Gambar 3. Data algoritma dibuat berdasarkan hasil kegiatan saat mengoperasikan sistem vakum di lapangan. Data kegiatan inilah yang digunakan sebagai program *ladder diagram*.



Gambar 2. Diagram alir operasi menghidupkan sistem vakum siklotron DECY-13



Gambar 3. Diagram alir operasi mematikan sistem vakum siklotron DECY-13

Hal yang paling penting dalam proses mematikan sistem vakum adalah menutup *isolation valve*.

Isolation valve berfungsi untuk menutup jalur *vacuum chamber* dengan difusi. Apabila hal ini dilakukan agar oli di dalam pompa difusi tidak tersedot ke dalam *vacuum chamber*. Dari hasil kajian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa tingkat kevakuman dari *vacuum chamber* yang diinginkan sekitar 10^{-6} Torr. Apabila nilai vakum sudah terpenuhi, maka sumber ion dapat dimasukkan ke dalam *vacuum chamber* [13]. Perancangan *software* disesuaikan dengan diagram alir operasi yang telah dibuat. Pembuatan program dimulai dengan perancangan sistem *interface* untuk pompa rotary, pompa difusi, *vacuum chamber*, pipa-pipa, *valve* dan tombol-tombol on/off. Tampilan *software* dibuat dan di susun sesuai dengan kondisi *plant* sesungguhnya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Hal ini bertujuan untuk memudahkan operator dalam mengoperasikan sistem vakum.

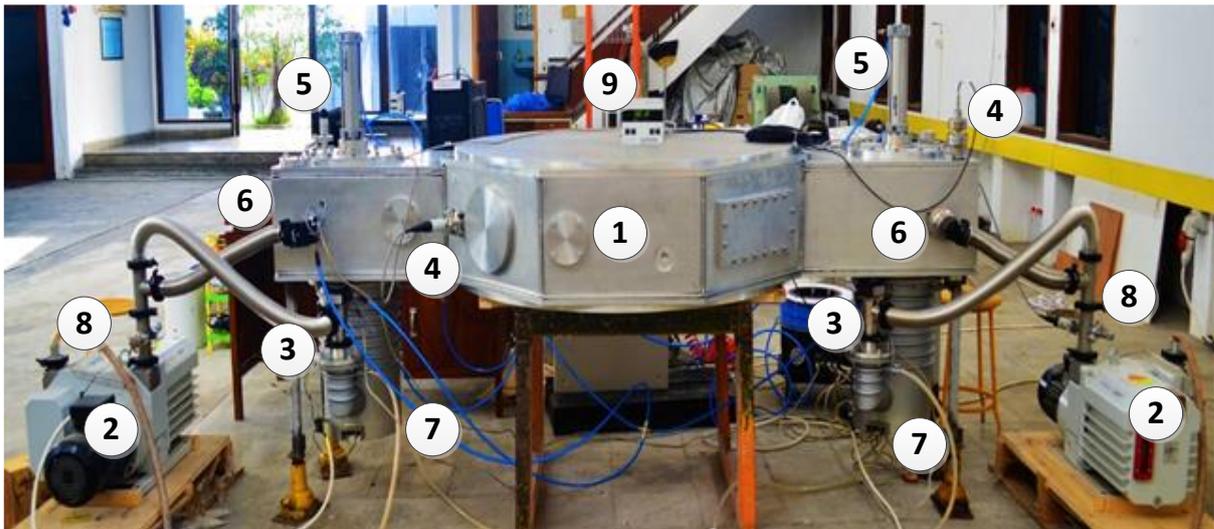
Setelah itu menu-menu HMI disusun seperti Gambar 5. Kemudian dilakukan *wiring* untuk menghubungkan fungsi-fungsi tombol yang dimasukkan di dalam *structure*. Hubungan antara satu tombol dengan tombol lain mengakibatkan terjadinya multi *input* dan *output* sehingga digunakanlah boolean (*and*, *or* dan *not*) dan juga menggunakan

logika *if-then* untuk menghubungkan antara *input* dan *output* tersebut [15].

HASIL DAN PEMBAHASAN

HMI terdiri dari tampilan pompa rotary, pompa difusi, tombol-tombol untuk mengaktifkan *valve*, indikator *valve*, *vacuum chamber* dan tombol *stop* (Gambar 5). Sistem dinyatakan aktif (*on*) apabila gambar berwarna hijau, sedangkan sistem tidak aktif (*off*) ditunjukkan dengan warna merah.

Program dapat dijalankan secara manual atau otomatis. Menu otomatis akan menjalankan sistem sesuai dengan program yang telah ditanamkan ke dalamnya (*ladder diagram*). Saat program dijalankan secara manual maka operator dapat mengatur sendiri operasi dengan menekan tombol-tombol yang ada di menu HMI. Meskipun sistem dijalankan dengan manual, operator harus mengikuti urutan operasi sesuai dengan diagram alir yang telah dibuat. Apabila tidak sesuai dengan urutan prosesnya, maka perintah tidak akan dapat dijalankan karena sudah terkunci sistem *safety*. Apabila tidak dilakukan maka akan mengakibatkan kesalahan sistem dan menyebabkan kerusakan alat.



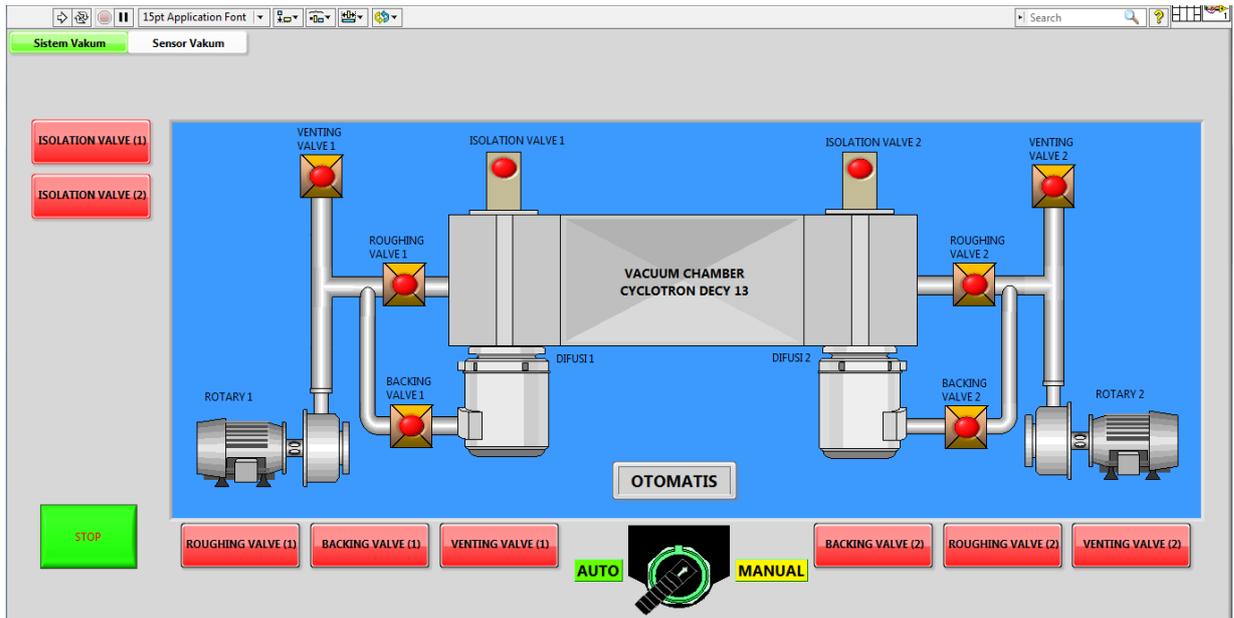
Gambar 4. Sistem Vakum Siklotron: (1) *Vacuum chamber*, (2) Pompa rotary, (3) *Backing valve*, (4) Sensor vakum, (5) *Isolation valve*, (6), *Roughin valve* (7), Pompa difusi (8), *Venting valve* (9) *Meter vacuum*

Sistem aktif saat tombol *start* di tekan, sehingga menghidupkan pompa rotary 1 dan pompa rotary 2 dengan menekan gambar pompa pada layar. Saat pompa rotary aktif maka pipa yang sejalur akan ikut berwarna hijau, hal ini menandakan bahwa pompa melakukan pemvakuman melewati jalur tersebut. Setelah itu *roughing valve* (1 dan 2) dibuka dengan menekan indikator tombol *roughing valve*. Apabila *roughing valve* terbuka maka indikator akan berwarna hijau. Kondisi ini akan berlangsung sampai tingkat kevakuman mencapai $\pm 10^{-2}$ Torr. Setelah tekanan di

dalam *vacuum chamber* mencapai $\pm 10^{-2}$ Torr, *roughing valve* akan menutup dan membuka *backing valve* bersamaan dengan menyalakan pendingin (*chiller*), pompa difusi dan *hitter*. Proses ini ditunggu sampai ± 30 menit untuk memanaskan pompa difusi. Setelah mencapai waktu yang ditentukan, maka *isolation valve* (1 dan 2) di buka dengan menekan indikator tombol *isolation valve*. Terbukanya *isolation valve* menandakan bahwa *vacuum chamber* sedang mengalami pemvakuman. Proses vakum tersebut melewati pompa difusi yang ditunjukkan

dengan jalur pipa berwarna hijau. Proses dilakukan sampai tingkat kevakuman mencapai 10^{-6} Torr. Kondisi vakum ini akan dijaga terus selama operasi

siklotron berlangsung, apabila terjadi kesalahan atau kegagalan pada *software*, maka sistem *interlock* akan aktif.



Gambar 5. Tampilan interface operasi sistem vakum

Komunikasi HMI dengan Plant

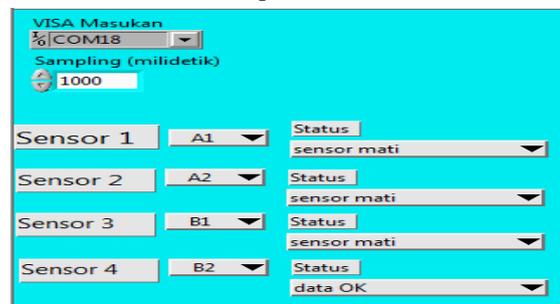
Setiap tombol pada tampilan sistem vakum terhubung dengan *relay-relay* pada PLC. *Relay* tersebut akan tersambung dengan *output* yang berada pada *plant*. Untuk mengaktifkan *relay-relay* dibuatlah perintah pengiriman *hostlink*. Komputer mengirimkan data *hostlink* ke PLC sesuai dengan alamat setiap *relay* dan *output* PLC. Format penulisannya sesuai dengan format dari PLC.

Setiap satu tombol *input* mempunyai dua buah perintah ke *output*. Sebagai contoh untuk menghidupkan pompa rotary 1 diberikan kode @01WB0400FF00* (menghidupkan *relay*), sedangkan untuk mematikan menggunakan @01WB04000000* (mematikan *relay*). Setiap data kode tersebut dibuat di dalam *case structure* yang digunakan untuk logika *if-then*, karena *case structure* akan mengeksekusi hasil *true* dan *false*, sehingga apabila tombol hidup (*on*) akan mengaktifkan kode *relay* untuk tersambung, sedangkan saat tombol mati (*off*) maka akan mengaktifkan kode untuk memutuskan *relay*.

Data Tekanan

Tampilan HMI setiap sensor diberi nama sensor A1, sensor A2, sensor B1 dan sensor B2 seperti yang di tunjukkan pada Gambar 7. Pada penelitian ini hanya menggunakan dua sensor yaitu *Pirani Gauge* pada tampilan LabVIEW dimasukkan pada port B2. Sedangkan sensor *Cold Cathode Gauge* dimasukkan pada port A2, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.

Gambar 6 menunjukkan status komunikasi antara sensor dengan HMI. Kondisi status yang ditampilkan antara lain sensor *error*, sensor mati, data ok, tidak ada perangkat, di bawah kisaran dan di atas kisaran. Status tersebut menunjukkan kondisi sensor ketika operasi berlangsung. Status tersebut dikirimkan dari modul TPG-300 ke komputer. [18].



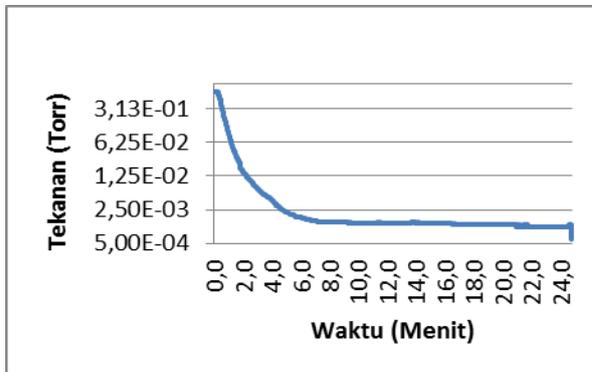
Gambar 6. Status komunikasi komputer dengan modul TPG-300

TABEL MONITORING TEKANAN											
Tekanan A1		Tekanan A2		No	Tanggal	Waktu	Delta t	Vakum A1	Vakum A2	Vakum B1	Vakum B2
9.9E-3	9.9E+3	1	23/06/2016	09:25:20	0	00:00:00	0	9.9E-3	9.9E-3	9.9E-3	1.1E+0
		2	23/06/2016	09:25:21	0	00:00:01	0	9.9E-3	9.9E-3	9.9E-3	1.1E+0
		3	23/06/2016	09:25:22	0	00:00:02	0	9.9E-3	9.9E-3	9.9E-3	1.1E+0
		4	23/06/2016	09:25:23	0	00:00:03	0	9.9E-3	9.9E-3	9.9E-3	1.1E+0
		5	23/06/2016	09:25:24	0	00:00:04	0	9.9E-3	9.9E-3	9.9E-3	1.1E+0
		6	23/06/2016	09:25:25	0	00:00:05	0	9.9E-3	9.9E-3	9.9E-3	1.1E+0
		7	23/06/2016	09:25:26	0	00:00:06	0	9.9E-3	9.9E-3	9.9E-3	1.1E+0
		8	23/06/2016	09:25:27	0	00:00:07	0	9.9E-3	9.9E-3	9.9E-3	1.1E+0
		9	23/06/2016	09:25:28	0	00:00:08	0	9.9E-3	9.9E-3	9.9E-3	1.1E+0
		10	23/06/2016	09:25:29	0	00:00:09	0	9.9E-3	9.9E-3	9.9E-3	1.1E+0
		11	23/06/2016	09:25:30	0	00:00:10	0	9.9E-3	9.9E-3	9.9E-3	1.1E+0
		12	23/06/2016	09:25:31	0	00:00:11	0	9.9E-3	9.9E-3	9.9E-3	1.1E+0
		13	23/06/2016	09:25:32	0	00:00:12	0	9.9E-3	9.9E-3	9.9E-3	1.1E+0
		14	23/06/2016	09:25:33	0	00:00:13	0	9.9E-3	9.9E-3	9.9E-3	1.1E+0
		15	23/06/2016	09:25:34	0	00:00:14	0	9.9E-3	9.9E-3	9.9E-3	1.1E+0
		16	23/06/2016	09:25:35	0	00:00:15	0	9.9E-3	9.9E-3	9.9E-3	1.1E+0
		17	23/06/2016	09:25:36	0	00:00:16	0	9.9E-3	9.9E-3	9.9E-3	1.1E+0
		18	23/06/2016	09:25:37	0	00:00:17	0	9.9E-3	9.9E-3	9.9E-3	1.1E+0

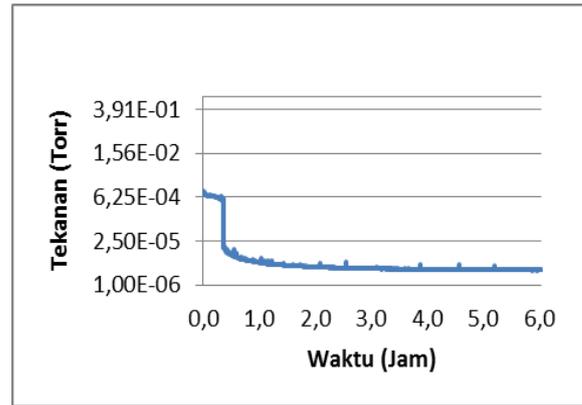
Gambar 7. Data tekanan di dalam vacuum chamber

Data masing-masing sensor tersebut dapat di simpan atau di salin ke dalam tabel untuk memudahkan penyimpanan data ke dalam Microsoft Office (Excel atau Word). Tabel 1. merupakan hasil salinan data dari LabVIEW ke Microsoft Word. Pengambilan data *vacuum chamber* dilakukan selama 6 jam dengan waktu sampling setiap 1 detik. Untuk memperoleh tekanan sebesar 1×10^{-3} Torr memerlukan waktu sekitar 22 menit dengan menggunakan dua buah pompa *rotary*.

Gambar 8 menunjukkan data tekanan sensor *Pirani Gauge* Apabila sensor B2 mencapai nilai lebih kecil dari 8×10^{-4} maka sensor akan *error* dan tidak dapat mendeteksi nilai tekanan lagi. Sedangkan pada Gambar 9. (sensor A2) baru aktif pada tekanan $9,9 \times 10^{-3}$ Torr, saat keadaan tekanan di dalam *vacuum chamber* tinggi, kondisi ini akan berubah saat tekanan di dalam *vacuum chamber* lebih rendah dari nilai tersebut.



Gambar 8. Grafik tekanan vakum sensor B2



Gambar 9. Grafik tekanan vakum sensor A2

Dari Tabel 1. ditunjukkan data akhir tekanan di dalam *vacuum chamber* sebesar 3×10^{-6} Torr. Kondisi ini sudah memungkinkan untuk memasukkan sumber ion ke dalam *vacuum chamber*. Tetapi apabila sumber ion yang dimasukkan ke dalam *vacuum chamber* mempengaruhi tingkat kevakuman sampai menuju ke tekanan 10^{-5} Torr atau lebih maka tingkat kevakuman di dalam *vacuum chamber* harus di perkecil lagi, karena proses operasi optimal siklotron memerlukan tingkat kevakuman 10^{-6} Torr atau di bawahnya.

Tabel 1. Data Tekanan *Vacuum chamber*

No	Tanggal	Jam	Waktu	Sensor A2	Sensor B2
1	20/05/2016	9:32:48	0 00:00:00	9,90E-03	4,40E-01
2	20/05/2016	9:32:49	0 00:00:01	9,90E-03	4,40E-01
227	20/05/2016	9:36:47	0 00:03:59	9,20E-04	6,00E-03
228	20/05/2016	9:36:48	0 00:03:60	9,00E-04	6,00E-03
229	20/05/2016	9:36:49	0 00:04:01	9,40E-04	5,90E-03
230	20/05/2016	9:36:50	0 00:04:01	9,10E-04	5,90E-03
231	20/05/2016	9:36:51	0 00:04:02	9,10E-04	5,80E-03
232	20/05/2016	9:36:52	0 00:04:03	9,10E-04	5,80E-03
233	20/05/2016	9:36:53	0 00:04:04	9,10E-04	5,80E-03
234	20/05/2016	9:36:53	0 00:04:05	9,20E-04	5,70E-03
235	20/05/2016	9:36:54	0 00:04:06	9,20E-04	5,70E-03
236	20/05/2016	9:36:56	0 00:04:07	9,20E-04	5,70E-03
21748	20/05/2016	15:40:02	0 06:07:13	3,00E-06	8,00E-04
21749	20/05/2016	15:40:03	0 06:07:14	3,00E-06	8,00E-04

KESIMPULAN

Telah dibangun sebuah sistem HMI dengan menggunakan *software* LabVIEW. Sistem HMI terdiri dari proses menghidupkan dan mematikan pompa (*rotary* dan difusi), membuka dan menutup *valve* secara otomatis dan pengambilan data sensor tekanan dari *vacuum chamber* secara *real time*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan ini kami sebagai penulis makalah mengucapkan terima kasih atas bantuan dan kerjasamanya kepada Pusat Sains dan Teknologi Akselerator (PSTA), BATAN dan tim Siklotron yang telah membantu dalam melakukan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. E. Mulyani, Taufik, dan R. S. Darmawan, Desain Awal Komponen Siklotron Proton 13 MeV, Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah - Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir, Hal: 72–77, Yogyakarta, 2011.
2. A. Kusuma, R. A. Tuloh, dan H. Suryanto, Pengoperasian Cyclone 18/9 Untuk Produksi Radionuklida ^{18}F Dalam Penyiapan Radiofarmaka Fdg Di Rumah Sakit MRCCC Jakarta, Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmu Teknologi Akselerator dan Aplikasi, Vol. 14, Hal: 202–212, Yogyakarta, November 2012.
3. A. Kaushik, A. K., Tiwari, R. Varshney, L. Singh, and A. K. Mishra, *Monitoring of Radiation Levels in Medical Cyclotron Facility Measured by a Comprehensive Computerized Monitoring System*, Indian J. Pure Appl. Phys., vol. 48, no. 11, pp. 790–793, 2010.
4. Y. B. Kong, M. G. Hur, E. J. Lee, J. H. Park, Y. D. Park, and S. D. Yang, *Predictive Ion Source Control Using Artificial Neural Network for RFT-30 Cyclotron*, Nucl. Instruments Methods Phys. Res. Sect. A Accel. Spectrometers, Detect. Assoc. Equip., vol. 806, pp. 55–60, 2016.
5. H. S. Chang, D. H. An, J. S. Chai, B. H. Hong, S. S. Hong, M. G. Hur, W. T. Hwang, I. S. Jung, J. Kang, Y. S. Kim, J. H. Kim, S. W. Kim, M. Y. Lee, K. E. Lim, C. S. Park, H. H. Shim, W. Y. So, J. Y. Suk, T. K. Yang, and Y. K. Y. Kirams, *Control System Design of KIRAMS-13 Cyclotron*, Proceedings of APAC, pp. 326–328, Gyeongju, Korea, 2004.
6. Y. Xiong, B. Qin, M. Wu, J. Yang, and M. Fan, *LabVIEW and MATLAB-Based Virtual Control System for Virtual Prototyping of Cyclotron*, Proc. IEEE Part. Accel. Conf., pp. 281–283, 2007.
7. T. W. Koeth, *Undergraduate Education With The Rutgers 12-Inch Cyclotron*, Phys. Procedia, vol. 66, pp. 622–631, 2015.
8. G. Carannante, M. Cavinato, F. Gandini, G. Granucci, M. Henderson, D. Purohit, G. Saibene, F. Sartori, and C. Sozzi, *User Requirements and Conceptual Design of The ITER Electron Cyclotron Control System*, Fusion Eng. Des., vol. 96–97, pp. 420–424, 2015.
9. R. C. Yadav, S. Bhattacharya, R. B. Bhole, A. Roy, S. Pal, C. Mallik, and R. K. Bhandari, *K-130 Cyclotron Vacuum System*, J. Phys. Conf. Ser., 2012.
10. Haerudin, Rajiman, Parwanto, and E. S. R., *Aplikasi State Machine Berbasis Labview Pada Sistem Kontrol Transfer Taret Padat Siklotron BATAN*, vol. 17, no. November, pp. 9–10, 2004.
11. M. R. Ghoni, A. Dharmawan, and S. Santosa, *Rancang Bangun Sistem Pengukuran Medan Magnet Menggunakan LabVIEW, CONTROLLER NI cRIO-9022, dan DTM-151 Digital Teslameter*, vol. 5, no. 2, pp. 133–144, 2015.
12. I. W. Wayan, H. W. Artadi, H. G. Adang, S. Yono, and A. Mutalib, *Aplikasi PLC (Programmable Logic Controller) Sebagai Sistem Kontrol Pada Modifikasi ' Automatic Loading Machine ' Generator 99 Mo / 99m Tc berbasis PZC*, Semin. Nas. IV SDM Teknoloi Nukl., pp. 25–26, 2008.
13. E. Priyono and Taxwim, *Konstruksi Dan Uji Fungsi Sistem Instrumentasi Dan Kendali Perangkat Vakum MBE 300 keV/20 mA*, Pros. Pertem. dan Present. Ilm. Teknoloi Akselerator dan Apl., vol. 10, pp. 63–72, 2008.
14. E. Priyono and Saminto, *Rancang Bangun Perangkat Lunak Kerangka Program Panel Kendali MBE 300 keV/20 mA Berbasis Komputer*, pp. 1–8, 2015.
15. A. Abdorrahman, S. Malakzade, H. Afarideh, G. R. Aslani, E. Engineering, and C. Engineering, *Control System of 10-MeV Baby Cyclotron*, Proc. Cyclotrons, pp. 156–158, 2013.
16. B. N. Lee, J. A. Park, Y. S. Lee, H. S. Song, H. W. Kim, T. Zhou, S. H. Lee, H. J. Choi, J. H. Oh, Y. H. Yeon, Y. Kadi, and J. S. Chai, *Design of Neutron Targets with the 4 MeV Cyclotron for BNCT*, J. Korean Phys. Soc., vol. 59, no. 2, pp. 2032–2034, 2011.
17. Operating Instructions TPG 300, vol. 14, no. 1. 2000.
18. Y. S. Lee, J. K. Park, Y. H. Yeon, S. H. Lee, S. H. Song, H. S. Kim, S. H. Kim, S. Y. Jung, S. W. Shin, J. C. Lee, H. W. Kim, J. S. Chai, and K. H. Park, *The Development Of Control System For 9 Mev Cyclotron*, Proc. Cyclotrons, pp. 3–5, 2013.

TANYA JAWAB**Taufik**

- Pada rancangan kendali operasi sistem vakum siklotron digunakan 2 buah *controller*, apa fungsi masing-masing *controller*?
- Apakah tidak bisa menggunakan 1 buah *controller*?

Fajar Sidik P

- *Sistem kendali yang digunakan ada 2 yaitu PLC Fx 2424 dan cRIO. PLC digunakan untuk kendali operasi sistem vakum sedangkan cRIO hanya*

untuk integrasi antara PLC dengan komputer dan sensor vakum dengan computer.

- *Bisa*

Silakhuddin

- *Bagaimana cara mendapatkan input (tegangan) indikasi kevakuman yang diumpankan untuk bisa membuka gate valve pompa difusi?*

Fajar Sidik P

- *Input tegangan dari sensor tekanan dapat dibaca dengan menghubungkan sensor ke modul TPG-300. Nilai tegangan dari sensor akan diolah modul dan langsung dikirim ke komputer dengan kabel serial, lalu melakukan kendali ke plant.*